1M

УДК 519.865.7

А.В. Матвийчук
Институт моделирования и информационных технологий в экономике ГВУЗ
«Киевский национальный экономический университет имени Вадима Гетьмана»
matviychuk@prognoz.com

К вопросу о принципиальной возможности создания искусственного интеллекта*

В статье приводятся результаты исследования философского и технологического аспектов создания систем искусственного интеллекта. Раскрыты разные подходы к конструированию интеллектуальных систем и показано место нейронечетких технологий в этом процессе.

Главной задачей искусственного интеллекта (artificial intelligence) является компьютерное решение когнитивных задач, свойственных человеческому мозгу. Такие задачи традиционно решаются людьми в условиях неполноты, неточности и противоречивости знаний об объекте исследования, для которых нет четко заданного алгоритма.

При этом в большинстве определений термина «искусственный интеллект» указывается на возможность применения при его реализации методов, которые не обязательно биологически правдоподобны. Значительное количество исследователей в области искусственного интеллекта реализуют его с привлечением разнообразного математического инструментария, начиная с элементарных методов теории вероятностей. При таком подходе интеллектуальной можно назвать любую компьютерную систему, способную, например, с приемлемой точностью распознавать графические изображения, независимо от математического инструментария, положенного в ее основу. При этом распознавание может быть как обычное по пикселям в растровом представлении, так и посредством преобразования в полярную систему координат или разложения изображения в спектральную форму.

Можно ли назвать такие системы интеллектуальными? Большинство исследователей искусственного интеллекта, наверное, дадут утвердительный ответ на этот вопрос. И это может быть объяснено использованием ими подобного инструментария без попыток перехода в область биологического правдоподобия.

Исследования же в области нейробиологии свидетельствуют, что в мозге живых существ формируются группы нейронов, ответственные за распознавание отдельно горизонтальных, вертикальных линий, дуг различной кривизны и так далее. То есть в мозге не происходит ничего подобного распознаванию изображений по точкам или их преобразованию в спектральную форму. Учитывая, что природа нашла возможность с легкостью распознавать и идентифицировать наиболее сложные объекты, имеет смысл поучиться у нее и взять готовые решения живого мира. В конце концов, сам интеллект также происходит из живой природы.

* Статья подготовлена при поддержке Международного научного фонда экономических исследований академика Н.П. Федоренко (Центральный экономико-математический институт Российской академии наук) в рамках гранта на издание монографии «Искусственный интеллект в экономике: нейронные сети, нечеткая логика».

Отметим, что компьютерные системы распознавания образов, основывающиеся на векторизации графических объектов с последующей их идентификацией (по аналогии с мозгом живых существ), продемонстрировали наибольшую эффективность в сравнении с альтернативными системами [1]. Кроме того, они оказались инвариантными к поворотам распознаваемого объекта, его освещенности, отдаленности и т.п., чем не могли похвастаться другие системы, именуемые интеллектуальными.

Дискуссии относительно того, какие искусственные системы можно считать интеллектуальными, ведутся еще с первых попыток их создания. Первый тест проверки систем на интеллектуальность был предложен еще в 1950 году Аланом Тьюрингом [2]. Стандартная интерпретация теста Тьюринга звучит так: «Судья взаимодействует с одним компьютером и одним человеком. На основании ответов на вопрос он должен определить, с кем он разговаривает: с человеком или компьютерной программой. Задача компьютерной программы – ввести судью в заблуждение, заставив сделать неправильный выбор». При этом все участники теста не видят друг друга. Если судья не может однозначно сказать, кто из собеседников является человеком, то считается, что машина прошла тест.

Чтобы протестировать именно интеллект машины, а не ее возможность распознавать устную речь, беседа ведется только в текстовом режиме, например, с помощью клавиатуры и компьютера-посредника. Ответы на вопросы даются через определенные промежутки времени, чтобы судья не мог делать заключения, отталкиваясь от скорости ответов. Во времена Тьюринга компьютеры реагировали медленнее человека, сейчас это правило необходимо, поскольку они дают ответ значительно быстрее, чем человек.

Однако по поводу корректности теста Тьюринга существует множество критических замечаний. Так, некоторое разумное поведение не свойственно человеку. Кроме того, тест Тьюринга не проверяет высокоинтеллектуальные действия, например, способность решать сложные задачи или выдвигать оригинальные идеи. Также подобный тест не способен классифицировать описанную выше задачу распознавания образов как интеллектуальную.

По большому счету, тест провоцирует машину обманывать: какой совершенной не была бы машина, она должна притворяться не очень умной, чтобы пройти тест (некоторые разработчики для прохождения теста Тьюринга принудительно обучали собственные компьютерные системы допускать грамматические ошибки). Если же машина способна быстро решить какую-то вычислительную задачу, непосильную для человека, она по определению провалит тест.

Тест Тьюринга явно бихевиористичен или функционалистичен: он лишь проверяет, как действует субъект. Машина, проходящая тест, может имитировать поведение человека в разговоре, механически (неинтеллектуально) придерживаясь заранее установленных правил. Так, известный мысленный эксперимент Джона Сёрля «Китайская комната» [3] иллюстрирует, что элементарное выполнение заранее запрограммированных правил получения ответов на заданные вопросы позволяет пройти тест Тьюринга. При этом подобные алгоритмы никоим образом нельзя назвать интеллектуальными. Они только имитируют процесс принятия решений человеком, но не способны обобщать и извлекать уроки для их применения в будущем.

Подобное понимание искусственного интеллекта, согласно концепции Тьюринга, Джоном Сёрлем было охарактеризовано как слабый искусственный интеллект. Он же ввел понятие сильного искусственного интеллекта, который может быть

реализован программой, являющейся не просто моделью разума, она в буквальном смысле слова сама и будет разумом в том же смысле, в каком человеческий разум – это разум [4, с. 26].

Прогресс в когнитологии (науке о знании, изучающей методы и приемы получения, обработки, хранения и использования человеческих знаний), который наблюдается сегодня, дает основания предположить возможность пояснения и описания когнитивных процессов в мозге человека, ответственных за высшую нервную деятельность. Осознание процессов мозговой деятельности позволит создать основу для построения систем сильного искусственного интеллекта, которым будет свойственна способность к самостоятельному обучению, творчеству, свободному общению с человеком.

Изучение структуры мозга и осмысление процессов, протекающих в нем, позволило сформулировать на сегодня два возможных общих подхода к построению систем искусственного интеллекта: 1) семиотический – предусматривающий создание символьных моделей искусственного интеллекта по принципу «сверху вниз» (top-down) путем построения экспертных систем, баз знаний и систем логического вывода, имитирующих высокоуровневые психические процессы: мышление, язык, эмоции, творчество и т.п.; 2) биологический – допускающий создание параллельных распределенных процессоров с естественной способностью к обучению и работой по принципу «снизу вверх» (bottom-up), в основе которого лежит изучение нейронных сетей и эволюционных вычислений, моделирующих интеллектуальное поведение на основе более мелких «неинтеллектуальных» элементов.

Таким образом, одним из ключевых направлений исследований в области создания систем искусственного интеллекта, активно развивающихся сегодня, является конструирование мозгоподобных архитектур. Основываясь на принципах функционирования биологической нервной системы, в искусственных нейронных сетях различного типа реализованы те или иные аспекты получения, обработки, хранения и использования информации подобно процессам, протекающим в мозге человека. Например, нейронные сети органично подходят для реализации вышеописанного алгоритма идентификации образов, которые в объединении с указанной математикой (векторизацией объектов и выделением характерных признаков) способны правдоподобно реализовать биологический прототип системы распознавания изображений.

Концепция обработки информации в нейронных сетях происходит из принципа параллелизма, являющегося основой их гибкости. Причем параллелизм может быть массовым (сотни тысяч нейронов и более), что наделяет нейронные сети особой формой робастности (устойчивости к грубым внешним воздействиям с существенной неопределенностью). Если вычислительные процессы распределены между большим количеством нейронов, тогда почти неважно, что состояние отдельных нейронов сети отличается от ожидаемого. Искривленный или неполный входной сигнал так или иначе можно распознать; поврежденная сеть может продолжать выполнять свои функции на приемлемом уровне, а обучение не обязательно должно быть максимально точным. Производительность сети в пределах некоторого диапазона снижается достаточно медленно. Кроме того, можно дополнительно повысить робастность сети, представляя каждое свойство отдельной группой нейронов [5].

Несмотря на впечатляющие возможности искусственных нейронных сетей, основоположники искусственного интеллекта как научного направления – Марвин Минский и Эдвард Фейгенбаум [6] – не относили этот инструментарий к системам искусс-

твенного интеллекта (притом, что они были учеными, внесшими один из наибольших вкладов в развитие теории нейронных сетей).[1]

Они считали неуместной апелляцию к архитектуре мозга, его нейронной структуре, и декларировали необходимость моделирования процесса работы человека со знаниями. Поставив в центре внимания операции с формально-логическими языковыми конструкциями, они сознательно выбрали ориентацию на имитацию обработки информации левым полушарием мозга человека. Системы обработки таких формализованных знаний были названы экспертными, поскольку они должны были воссоздавать ход логических рассуждений эксперта (высокопрофессионального специалиста) в конкретной предметной области. Эти рассуждения реализуются с использованием правил вывода, которые необходимо получить у эксперта и формализовать на основе выбранного математического инструментария.

Однако структура представления знаний является ключевым слабым местом современных нейронных сетей – они не предусматривают возможности однозначного установления правил принятия решений. Представление знаний в нейронной сети непосредственно связано с сетевой архитектурой. Тем не менее сегодня не существует формализованной теории оптимизации структуры нейронных сетей или оценки влияния архитектуры сети на представление знаний в ней. Независимо от того, как выбирается архитектура сети, знание о предметной области извлекаются нейронной сетью в процессе обучения. Эти знания представляются в виде весов синаптических связей сети и параметров нейронов. Такая форма представления знаний дает возможность нейронной сети адаптироваться и выполнять обобщения, однако не обеспечивает полноценного описания расчетного процесса, применяемого для принятия решений или формирования выходного сигнала. Это иногда накладывает серьезные ограничения на использование нейросетевого подхода, особенно в задачах, где необходимо обеспечить возможность объяснения полученного результата.

В 1988 году Фодором и Пилишиным [8] были опубликованы критические замечания по поводу вычислительной адекватности нейронных сетей при решении когнитивных и лингвистических задач. Они аргументированы тем, что нейронные сети не удовлетворяют двум основным критериям процесса познания – природе ментального представления и умственных процессов. Согласно этой работе такие характеристики свойственны именно системам искусственного интеллекта и не свойственны нейронным сетям: ментальное представление характеризуется комбинаторным синтаксисом и семантической структурой; умственные процессы характеризуются чувствительностью к комбинаторной структуре представления, с которым они работают. При этом искусственный интеллект предполагает существование ментального представления, в котором познание осуществляется как последовательная обработка символьной информации.

Действительно, одной из отличительных черт систем искусственного интеллекта в классической постановке [8-10] является использование символьного языка для представления общих знаний о предметной области и конкретных знаний о способах решения задачи. Поскольку символьное представление знаний имеет квазилингвис-

[1] Как это ни парадоксально, но термин «искусственный интеллект» возник в 60-е годы XX столетия в связи с экспертными системами направления, альтернативного нейронным сетям. Первая конференция по проблемам искусственного интеллекта состоялась в США в 1969 году – в этом же году была опубликована критическая книга по нейросетевым структурам Минского и Пейперта «Персептроны» [7].

тическую структуру, это дает основания для применения с целью решения поставленной задачи инструментария нечеткой логики, удовлетворяющего указанным свойствам экспертных систем.

Подобно фразам обычного языка, высказывания классических систем искусственного интеллекта, как правило, сложны и образовываются путем систематизации простых символов. Учитывая ограниченное количество символов, новые смысловые высказывания формируются на основе композиции символьных выражений и балансирования между синтаксической структурой и семантикой. Символы естественно группируются в известные термины, что делает символьное представление относительно простым и понятным человеку. То есть открытость и понятность символьных систем искусственного интеллекта делает их пригодными для человеко-машинного общения.

В связи с этим Алленом Ньюэллом и Гербертом Саймоном была сформулирована гипотеза о физической символьной системе [11], названная в их честь гипотезой Ньюэлла-Саймона, которая гласит, что необходимые и достаточные средства для реализации базовых интеллектуальных действий в широком смысле (реализация сильного искусственного интеллекта) имеет физическая символьная система. Основанием для гипотезы стало успешное применение для воспроизведения хода рассуждений человека созданной ими программы – универсального решателя задач (General Problem Solver), в основу которого положен эвристический поиск.

Другими словами, эта гипотеза говорит о том, что без символьных вычислений невозможно выполнять осмысленные действия, а способность осуществлять символьные расчеты полностью достаточна для того, чтобы выполнять осмысленные действия. Таким образом, поскольку компьютер способен к подобным вычислениям, то на его основе может быть создан сильный искусственный интеллект. Об этом также было отмечено Джоном Сёрлем, но он же указывал, что отсюда не следует, что мышление эквивалентно формальным символьным расчетам [4, с. 27]. Существующие на сегодня системы и те, которые могут появиться в обозримом будущем, способны воссоздавать синтаксис, но не реализуют семантику, являющуюся главной характерной особенностью человеческого мышления (интеллекта). При этом синтаксиса самого по себе недостаточно для существования семантики. Однако Сёрль не откидывает принципиально возможность создания подобных систем в дальнейшем.

Тем не менее, автор этой статьи имеет несколько иную позицию относительно принципов создания систем искусственного интеллекта. Если цель – реализовать слабый искусственный интеллект, способный решать когнитивные задачи, то подобный подход себя полностью оправдывает (хотя здесь можно ограничиться и значительно более примитивными подходами, не имеющими биологической правдоподобности). Если же целью является создание систем сильного искусственного интеллекта, способных к мышлению, самостоятельному обучению, творчеству (сохраняя возможность решения всех задач, которые решаются системами слабого искусственного интеллекта), тогда, на наш взгляд, имеет смысл более детально проанализировать основы существования интеллекта. Обратимся к философии этого вопроса и биологическим основам процесса мышления. И начнем с более простых мыслящих существ.

Так, если взглянуть на живую природу, то интересным выглядит тот факт, что определенные решения постоянно принимаются любыми живыми существами. Например, если дворовая собака видит большую собаку, она может и залаять, но отбежит, а если та собака будет меньшей, то может и подбежать к ней. И здесь уже про-

слеживается проявление элементарной логики по принципу «если…, то..., иначе...». Заметим, что это не является тривиальным отскакиванием от огня или обычным поиском пищи, а действительно это – проявление мышления, процесса принятия решений.

В связи с этим возникают некоторые принципиальные вопросы относительно характера мыслей и организации процесса мышления. Так, когда осуществляет рассуждения человек, то процесс мышления принимает вид логических языковых конструкций, когда за одной фразой всплывает другая, возникают варианты развития событий и т.д. (именно здесь появляется место символьным системам искусственного интеллекта). Однако другие живые существа не владеют человеческим языком и не могут конструировать логические предложения или другие синтаксические конструкции, соответственно, в природе процесс принятия решений приобретает какую-то иную форму.

Берусь утверждать, что именно этот процесс принятия решений, когда отсутствует логическое объяснение, люди называют интуицией. То есть другие живые существа принимают решения, основываясь на заложенных в мозге моделях поведения (которые со временем могут изменяться, подстраиваясь под окружающий мир). Человек также постоянно обращается к такому процессу мышления, не отдавая этому отчет, но в таком случае мышление действительно не принимает вид логических языковых конструкций.

Наверное, человек в своих размышлениях оперирует не столько словами, сколько образами, ассоциациями. Ведь если в процессе мышления привязка была бы к конкретным словам и словосочетаниям, человек не мог бы переходить с такой легкостью на другие языки (и думать на них). Здесь заметим, что это является лишь восприятием человека, что он думает на некотором языке. Есть глухонемые люди, которые вообще ни одного языка не знают. И это не мешает им делать логически обоснованные выводы, решать различные задачи. Итак, язык является лишь проекцией для человека его мыслей. Однако сами мысли могут протекать и без их трансформации в лингвистическую форму.

Соответственно, можно предположить, что процесс мышления у человека проходит, скорее всего, через некоторые сохраненные в памяти образы, но человек осознает это посредством языка, носителем которого он является. Отсюда следует возможность того, что те же собаки могут размышлять подобными категориями (образами, но в более простой форме), просто они не трансформируют их через словесные выражения. Биологическим объяснением является элементарная неразвитость соответствующего участка мозга, наделяющего образы лингвистическим представлением.

Итак, если осуществлять попытки реализовать искусственный интеллект, основываясь на принципах живой природы, целесообразно строить систему, оперирующую именно образами (возможно, наподобие нейронных сетей ассоциативной памяти), а в дополнение, при необходимости, добавить модуль, ответственный за лингвистическую интерпретацию полученных результатов.

Это в определенной мере противоречит общепринятой гипотезе Ньюэлла-Саймона о возможности реализации сильного искусственного интеллекта лишь на основе физических символьных систем, но приведенная выше аргументация показывает процесс принятия логически-обоснованных решений в живой природе без обладания символьным языком.

Дополнительным подтверждением этому могут служить моменты, когда человек точно понимает, что желает высказать (в памяти возникла достаточно конкретная мысль), но не может подобрать соответствующее слово. Более того, когда

человек мысленно вспоминает какую-то ситуацию, то воспоминание не принимает словесный вид по примеру: «Я был в светлой комнате большого размера, посредине стоял стол, два мягких кресла, под стеной был шкаф с книгами. Все предметы имели такой-то цвет, размер и другие характерные особенности. Еще были мужчина и женщина. Они выглядели уверенно, были такого-то роста, имели такие фигуры, формы лиц, одежду и т.п. С ними говорили о возможности построения систем искусственного интеллекта. И так далее…». При таком описании много информации (возможно и несущественной) утрачено. В памяти же ситуация возникает более насыщенно, однако не абсолютно четко. Некоторые моменты всплывают в памяти расплывчато (не так, как можно описать лингвистически). Кроме того, как для воспоминания, то это слишком долго – человек обычно вспоминает ситуацию мгновенно (и при этом активизируется большая группа нейронов головного мозга, отвечающих за сохранение информации от всех органов чувств). Соответственно, воспоминание не принимает вид предложения или какой-то другой синтаксической конструкции.

В пользу этих рассуждений приведем вторую и третью аксиомы Сёрля «Человеческий разум оперирует смысловым содержанием (семантикой)» и «Синтаксис сам по себе не образует семантику и его недостаточно для существования семантики» [4, с. 27], которые говорят о том, что самого манипулирования символами недостаточно, чтобы гарантировать наличие смысла. Сёрль справедливо отмечает, что моделирование процесса мышления не является самим процессом мышления. То есть программная реализация компьютерных алгоритмов, даже способных осуществлять синтаксический анализ лингвистических конструкций и предоставлять обоснованные ответы из базы возможных вариантов, не наделяет систему интеллектом или настоящим пониманием сущности вопросов и ответов.

Для доказательства своих утверждений Сёрль привел вышеупомянутый мысленный эксперимент с «китайской комнатой». Комната в этом случае олицетворяет искусственную систему, проходящую тест на интеллектуальность. В этом эксперименте человек, находящийся в комнате, корректно отвечает на вопросы на китайском языке, которым не владеет, основываясь на определенных подсказках, содержащихся в комнате (алгоритме поведения). При этом человек совсем не понимает, что именно он говорит, соответственно, согласно Сёрлю, такое поведение, как и комната в целом, не является интеллектуальным. Эта работа вызвала массу дискуссий о корректности полученных выводов. Среди критиков Сёрля можно вспомнить, скажем, Поля и Патрицию Черчлендов, в работе [12] которых кроме замечаний содержатся и предложения относительно создания систем искусственного интеллекта на базе нейронных сетей.

В целом в этой полемике доводы Сёрля выглядят более обоснованными. Однако критикуя нейронные сети (как и другие коннекционистские системы) в качестве инструментария для реализации искусственного интеллекта, он приводит новый пример с китайским языком, однако ответы на вопросы здесь дают уже множество людей в гимнастическом зале (который бы вместил их всех), основываясь на тех же правилах, что и человек в «китайской комнате». И показывает, что такая система также не наделяется интеллектуальными свойствами. Сёрль отмечает [4, с. 28], что для проведения расчетов последовательные и параллельные архитектуры абсолютно идентичны: любое вычисление, которое может быть выполнено машиной с параллельным режимом работы, может быть реализовано и машиной с последовательной архитектурой.

Нашим ответом на такой тезис будет то, что в нервной системе мысль не протекает последовательно, переходя от одного нейрона к другому. Каждая мысль, любое воспоминание одновременно активизирует большое количество нейронов, соответствующих тому или иному образу, сохраненному в памяти ранее. Эти нейроны, в свою очередь, вызывают активизацию в последующий момент большого количества иных нейронов, соответствующих какому-то конкретному другому образу, ассоциативно связанному с предыдущим. И в зависимости от того, какие именно нейроны активизированы, в мыслях возникает тот или иной образ (возможно, в виде изображения или общего восприятия окружающей среды, возможно, звука или лингвистического высказывания и т.п.). Последовательная обработка информации не в состоянии обеспечить подобный переход от одной группы многих вычислительных элементов (соответствующей определенному образу) к другой группе в логической последовательности. Итак, аргумент Сёрля с гимнастическим залом является несколько надуманным.

Однако полностью соглашаемся с тезисом, что синтаксис не обязательно нужен для существования семантики. Подводя итог под приведенными выше примерами и тезисами можно указать, что для реализации искусственного интеллекта важно уметь оперировать образами, которые реализуют семантику, но их представление не обязательно должно быть синтаксическим или, вообще, лингвистическим.

В восприятии человека семантика может быть представлена в виде словесных выражений, однако для существования мышления это не является обязательным условием. Человек (как и другое разумное существо, например, та же собака) может выстраивать логические последовательности без использования лингвистических конструкций, основываясь лишь на каких-то образах. То есть для возникновения синтаксиса семантика обязательна. Однако для существования семантики синтаксис, как таковой, совсем не нужен. И парадоксальным выглядит тот факт, что хотя синтаксис и является выше семантики (свойственен лишь наиболее интеллектуально развитому живому существу – человеку), его мы можем воссоздать, а семантику пока что нет. Просто существование семантики заложено на глубинных уровнях нашего сознания, в самой основе функционирования разума. И если мы это осознаем, а не будем пытаться воссоздать очевидные синтаксические конструкции и называть это интеллектуальными системами, у нас действительно может появиться шанс реализовать сильный искусственный интеллект.

Если же строить системы искусственного интеллекта по принципу экспертного установления логических правил в символьных категориях, то мы сознательно искусственно встраиваем в систему знания эксперта. Подобные системы не продуцируют новые знания – они, при условии внесения дополнительных усовершенствований, получают лишь возможность оптимизации собственных параметров для отобранных входных и выходных переменных. Природа шла иным путем.[1]

[1] Не хотелось бы, чтобы у читателя сложилось впечатление (если он знаком с исследованиями автора), что этими выводами критикуются результаты, полученные в предыдущих наших работах, в частности [13], или поддается сомнению адекватность инструментария, выбранного для моделирования сложных слабоструктурированных систем и процессов. Эти исследования базировались на методах теории нечеткой логики, которая как раз оперирует лингвистическими термами и позволяет формировать логические конструкции. Этот инструментарий дает возможность адекватно моделировать объект исследования в условиях существенной неопределенности, нестационарности исследуемых процессов, а также нехватки или недостаточной достоверности статистических данных. И при этом совсем не ставилось целью воспроизведение процессов интеллектуальной деятельности и принятия решений человеком. Хотя, отдавая дань справедливости, отметим, что в рамках общепринятой концепции инструментарий нечеткой логики считается на сегодня одним из наиболее перспективных подходов к конструированию систем сильного искусственного интеллекта.

Логика подсказывает целесообразность сосредоточения внимания на конструировании мозгоподобных систем и интерпретации расчетов в нейроподобных элементах. На наш взгляд, в качестве наиболее адекватного инструментария для воспроизведения умственных процессов различных живых существ могут выступать классические искусственные нейронные сети, в частности, сети ассоциативной памяти. Как и в биологических нервных системах, образы в нейронных сетях ассоциативной памяти сохраняются, задействовав большие группы нейронов (в отличие от того же персептрона, где обработка информации идет однонаправлено и, по большому счету, последовательно).

Создание систем параллельной обработки информации предоставит возможность практически мгновенно решать чрезвычайно сложные задачи и время их решения не будет зависеть от количества нейронов, задействованных в расчетах. Это преимущество становится все более очевидным по мере роста количества нейронов на каждом уровне. Скорость обработки информации в таких системах практически не зависит ни от числа элементов, которые принимают участие в вычислительном процессе, ни от сложности функций, которые они рассчитывают. Также параллельный характер системы делает ее нечувствительной к несущественным ошибкам и наделяет ее функциональной устойчивостью: потеря нескольких связей, даже заметного их количества, оказывает незначительное влияние на общий ход преобразования данных сетью.

Параллельная система запоминает большое количество информации в распределенном виде, при этом обеспечивается доступ к любому фрагменту этой информации за чрезвычайно короткое время. Информация сохраняется в виде определенных конфигураций весов отдельных синаптических связей, которые сформировались в процессе предыдущего обучения. Обучение может осуществляться также и в фазе обычной работы сети, основываясь на правиле Хебба (согласно которому чем чаще активизируется межнейронная связь, тем более сильной она становится), что отождествляет такое поведение с биологическим прототипом. Необходимая информация освобождается по мере того, как входной вектор данных проходит и преобразуется через эту конфигурацию связей подобно ассоциативной памяти живых существ, когда за одним сохраненным в памяти образом всплывает другой.

Этими образами могут быть, в частности, слова, составляющие предложения, что и является реализацией синтаксиса – специфической мозговой деятельности высшего живого существа – человека. При этом слова, из которых формируются предложения, характеризуются смысловым содержанием (и могут быть ассоциативно связаны с визуальными, звуковыми или другими образами, сохраненными в памяти), что наделяет их семантикой – главной характеристической чертой интеллекта.

Связи в таком случае в ассоциативной сети можно организовать как между различными образами (объектами), так и между образами и отношениями между ними (отношением является связующая конструкция, определяющая взаимозависимость между образами). При этом от отношения снова можно перейти через систему связей нейронной сети к одному из сохраненных в памяти объектов. Подобным образом можно реализовать синтаксис в виде лингвистических структур, обладающих смысловой нагрузкой. Но взаимосвязи здесь не будут жестко прописаны, как в экспертных системах, а будут самостоятельно выделяться в процессе обучения, организовывая семантически значимые синтаксические конструкции.

Выводы

В работе указывается на два общепринятых подхода к построению систем искусственного интеллекта – семиотический (который воссоздает высокоуровневые психические процессы в мозге человека и может быть реализован с применением методов нечеткой логики) и биологический (который моделирует интеллектуальное поведение на основе более мелких неинтеллектуальных элементов путем конструирования мозгоподобных структур и может быть реализован с использованием инструментария нейронных сетей).

Важно отметить, что такое существенное преимущество нейронных сетей, как параллелизм в выполнении расчетов, в определенной степени нивелируется неймановской архитектурой современных компьютеров, где обработка информации осуществляется последовательно. Если будут созданы компьютерные системы, способные выполнять параллельные вычисления подобно обработке информации в человеческом мозге, можно предположить принципиальную возможность реализации систем сильного искусственного интеллекта на основе технологии искусственных нейронных сетей при условии обеспечения возможности одновременной активации большой группы нейронов.

До этого момента наиболее существенных результатов в направлении создания систем искусственного интеллекта можно ожидать от исследований, основывающихся на концепции Минского и Фейгенбаума [6], согласно которой обработка информации осуществляется по принципу формально-логических процедур на основе языковых конструкций подобно тому, как происходит процесс мышления в левом полушарии мозга человека. В таком случае пошаговую обработку информации можно объяснить последовательным характером естественных языков и процесса получения человеком логических выводов.

Итак, большое количество исследователей в этой области науки склоняются к тому, что для построения систем искусственного интеллекта имеет смысл применять подходы, способные воспроизводить умственные процессы в мозге человека, в частности, предусматривающие возможность реализации логических конструкций и оперирования лингвистическими терминами. Так, согласно гипотезе Ньюэлла-Саймона, для построения систем сильного искусственного интеллекта необходимо обеспечить символьное представление знаний, которое не может быть реализовано средствами классических нейронных сетей. Удовлетворить таким требованиям способны системы, построенные, например, на основе инструментария нечеткой логики.

При этом применение технологии нейросетевого моделирования приобретает особую важность в связи с необходимостью обеспечения возможности обучения подобных экспертных систем (сами по себе системы на нечетких множествах способностью к обучению не обладают). Соответственно, для решения когнитивных задач целесообразно создавать структурированные модели на основе связей (structured connectionist models) или гибридные системы (hybrid systems), объединяющие оба подхода. Как отмечалось выше, это обеспечит объединение свойств адаптивности и робастности, характерных нейронным сетям, с представлением знаний, логичностью и универсальностью систем нечеткой логики.

Отметим, что преимуществом нечетких систем является их способность обрабатывать лингвистическую информацию и учитывать экспертные знания. Сила нейронных сетей заключается в способности обучаться на данных. Между нейронными сетями и нечеткими системами существует определенная синергетика, которая де-

лает их гибридизацию важным инструментом интеллектуального управления и выделяет их как один из наиболее прогрессивных подходов в направлении создания систем искусственного интеллекта. Инструментарий теорий нечеткой логики и нейронных сетей, как это было показано выше, полностью соответствует требованиям, выдвигающимся к системам искусственного интеллекта (даже сильного, если предположить принципиальную возможность его реализации).

Литература

1. Кухарев Г.А. Биометрические системы: методы и средства идентификации личности человека / Кухарев Г.А. – Спб. : Политехника, 2001. – 240 с.
2. Turing A.M. Computing Machinery and Intelligence / A.M. Turing // Mind. – 1950. – October. – Vol. 59, № 236. – P. 433-460.
3. Searle J.R. Minds, Brains and Programs / J.R. Searle // Behavioral and Brain Sciences. – 1980. – Vol. 3, № 3. – P. 417-458.
4. Searle J.R. Is the Brain’s Mind a Computer Program? / J.R. Searle // Scientific American. – 1990. – Jan.– № 262. – P. 26-31.
5. Hinton G.E. Shape representation in parallel systems / G.E. Hinton // Proceedings of the 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence. – Vancouver, British Columbia 1981. – P. 1088-1096.
6. Minsky M.L. Steps towards artificial intelligence / M.L. Minsky // Proceedings of the Institute of Radio Engineers. – 1961. – Vol. 49.– P. 8-30; Reprinted in: Computers and Thought (E.A. Feigenbaum and J. Feldman, eds. – New York: McGraw-Hill. – 1963. – P. 406-450).
7. Minsky M.L. Perceptrons / M.L. Minsky, S.A. Papert. – Cambridge, MA : MIT Press, 1969. – 263 p.
8. Fodor J.A. Connectionism and cognitive architecture: a critical analysis / J.A. Fodor, Z.W. Pylyshyn // Cognition. – 1988. – Vol. 28. – P. 3-72.
9. Newell A. Physical symbol systems / A. Newell // Cognitive Science. – 1980. – № 4. – P. 135-183.
10. Pylyshyn Z.W. Cognition and computation: Issues in the foundations of cognitive science / Z.W. Pylyshyn // Behavioral and Brain Sciences. – 1980. – №. 3:1. – P. 154-169.
11. Newell A. Human Problem Solving / A. Newell, H.A. Simon. – Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1972. – 920 p.
12. Churchland P.M. Could a Machine Think? / P.M. Churchland, P.S. Churchland // Scientific American. – 1990. – Jan. – № 262. – P. 32-37.
13. Матвійчук А.В. Моделювання та аналіз економічних систем на підґрунті теорії нечіткої логіки: дис. ... докт. екон. наук : 08.00.11 / Матвійчук А.В. – К., 2008. – 470 с.

А.В. Матвійчук
До питання про принципову можливість створення штучного інтелекту
У статті наводяться результати дослідження філософського та технологічного аспектів створення систем штучного інтелекту. Розкрито різні підходи до конструювання інтелектуальних систем та показано місце нейронечітких технологій у цьому процесі.

A. V. Matviychuk
On the Issue of Principal Possibility of Creation of Artificial Intelligence
There are presented in the article the results of researches of philosophy and technological aspects of building of artificial intelligence systems. It's shown various approaches to construction of intelligent systems and pointed the place of neural-fuzzy technologies in this process.

Статья поступила в редакцию 21.06.2010.